

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 196 27 640 A 1

61 Appl. No. 09/632,855
Doc. Ref. AK20
H 03 D 7/12
H 03 C 1/36

21 Aktenzeichen: 196 27 640.3
22 Anmeldetag: 9. 7. 96
43 Offenlegungstag: 16. 1. 97

DE 196 27 640 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31
10.07.95 JP 7-173727 24.07.95 JP 7-187292

71 Anmelder:
Murata Mfg. Co., Ltd., Nagaokakyo, Kyoto, JP

74 Vertreter:
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 82049 Pullach

72 Erfinder:
Ariie, Mitsuo, Nagaokakyo, Kyoto, JP

BEST AVAILABLE COPY

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Mischer

57 Eine Spannung und ein Datensignal, das der Spannung überlagert ist, werden in das Drain eines FET eingegeben, während ein Trägersignal in das Gate des FET eingegeben wird. Der FET mischt das Datensignal und das Trägersignal, um ein gemischtes Signal zu erzeugen. Zwei Kondensatoren sind zum Abblocken von Gleichstrom und zum Durchlassen von Wechselstrom zwischen die Source und ein Masse geschaltet.

DE 196 27 640 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Mischer, die für Modulatoren, wie z. B. orthogonale Modulatoren, für Demodulatoren, für Detektoren, für Multiplizierer, für Frequenzumsetzer oder für dergleichen verwendet werden, und insbesondere auf einen Mischer zum Kombinieren eines Trägersignals und eines Datensignals.

Fig. 3 ist eine Ansicht, die eine Konfiguration eines Modulators zeigt, welcher einen herkömmlichen Mischer umfaßt. In Fig. 3 umfaßt der Modulator Signaleingangsanschlüsse I100 und I200, einen Signalausgangsanschluß O100, eine Vorspannungsleistungsvorsorgung V_G und einen Mischer 100.

Der Mischer 100 weist einen FET Q100, einen Kondensator C100 und eine Spule L100 auf. Die Source S des FET Q100 liegt auf Masse. Der Kondensator C100 ist zwischen der Drain D des FET Q100 und dem Signalausgangsanschluß O100 angeordnet. Der Kondensator C100 weist eine Kapazität (beispielsweise 10 pF) auf, welche als niedrige Impedanz bei der Frequenz eines gemischten Signals S_0 und als hohe Impedanz bei der Frequenz f_s eines Datensignals S_s wirkt. Die Spule L100 ist zwischen der Drain D des FET Q100 und dem Signaleingangsanschluß I100 angeordnet. Die Spule L100 weist eine Induktivität (beispielsweise 10 nH), welche eine hohe Impedanz bei der Frequenz des gemischten Signals S_0 und eine niedrige Impedanz bei der Frequenz des Datensignals S_s zeigt.

Das Datensignal S_s (beispielsweise ein Sinuswellensignal mit einer Frequenz f_s von 50 kHz) wird in den Signaleingangsanschluß I100 eingegeben. Eine Gleichspannung V_{cc} wird ebenfalls dem Signaleingangsanschluß I100 zugeführt. Bei dieser Konfiguration wird das Datensignal S_s sowie die Gleichspannung V_{cc} der Source S des FET Q100 in dem Mischer 100 durch die Spule L100 zugeführt.

Dem Signaleingangsanschluß I200 wird ein Trägersignal S_c (beispielsweise ein Sinuswellensignal mit einer Frequenz f_c von 1,5 GHz) eingegeben. Dieses Trägersignal S_c wird in das Gate G des FET Q100 durch einen Kondensator C600 eingegeben. Das Gate G des FET Q100 ist durch die Vorspannungsleistungsvorsorgung V_G über einen Vorspannungswiderstand R_{g1} negativ vorgespannt.

Ein Betrieb dieser Schaltung wird nachfolgend beschrieben. Wenn die Gleichspannung V_{cc} zugeführt wird, fließt zwischen dem Drain D und der Source S des FET Q100 ein Gleichstrom. Das Datensignal S_s wird von dem Signaleingangsanschluß I100 zu dem Drain D des FET Q100 durch die Spule L100 des Mischers 100 gesendet. Das Trägersignal S_c wird zu dem Gate G des FET Q100 von dem Signaleingangsanschluß I200 durch den Gleichspannungsabblockkondensator C600 eingegeben. Der FET Q100 kombiniert das Trägersignal S_c und das Datensignal S_s und gibt das gemischte Signal S_0 einschließlich von Seitenbandkomponenten mit Frequenzen bei $f_c \pm f_s$ aus.

Der Kondensator C100 blockt das Datensignal S_s ab und läßt das gemischte Signal S_0 durch. Daher wird nur das gemischte Signal S_0 , welches durch Amplitudenmodulieren des Trägersignals S_c mit dem Datensignal S_s hergestellt wird, von dem Signalausgangsanschluß O100 ausgegeben.

Fig. 4 ist eine Ansicht, die eine Konfiguration eines Modulators einschließlich eines weiteren herkömmlichen Mischers zeigt. Abschnitte, die denen des in Fig. 3

gezeigten Modulators entsprechen, weisen die gleichen Bezugszeichen auf, wobei die Beschreibung derselben hier weggelassen ist.

Da bei dem Mischer 100, der in Fig. 3 gezeigt ist, das Gate G des FET Q100 vorgespannt werden muß, ist die negative Vorspannungsleistungsvorsorgung V_G zusätzlich zu der positiven Leistungsversorgung notwendig. Bei einem Mischer 200, wie er in Fig. 4 gezeigt ist, ist der FET Q100 durch sich selbst vorgespannt, wodurch ein Nachteil des Mischers 100, der in Fig. 3 gezeigt ist, vermieden ist.

Da sich tragbare Telefone in den letzten Jahren immer weiter verbreiteten, entstand der Bedarf nach einem kompakten Mischer mit niedrigem Leistungsverbrauch, welcher bei einer niedrigen Spannung mit einer einzigen positiven Leistungsversorgung arbeiten kann.

Die in den Fig. 3 und 4 gezeigten Mischer können jedoch nicht mit einem niedrigen Leistungsverbrauch aufgrund eines Gleichstroms, der zwischen dem Drain D und der Source S des FET Q100 fließt, arbeiten.

Da eine bestimmte Spannung (z. B. 2 V oder mehr) zwischen dem Drain D und der Source S des FET Q100 notwendig ist, um zu bewirken, daß ein Gleichstrom durch den FET fließt, und da ein Spannungsabfall an einem Vorspannungswiderstand R_{g2} stattfindet, können die FETs nicht bei einer niedrigen Spannung arbeiten.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Mischer zu schaffen, der eine einzige positive Leistungsversorgung benötigt und einen niedrigen Leistungsverbrauch aufweist.

Diese Aufgabe wird durch einen Mischer gemäß Anspruch 1 und durch einen Mischer gemäß Anspruch 4 gelöst.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß sie einen Mischer mit einem geringen oder mit keinem Leistungsverbrauch schafft, welcher bei einer niedrigen Spannung mit einer einzigen positiven Leistungszuführung arbeitet und zusätzlich ohne weiteres integriert werden kann, damit er kompakt ist.

Dieser Vorteil wird bei einem Aspekt der vorliegenden Erfindung durch das Bereitstellen eines Mischers zum Mischen eines Trägersignals und eines Datensignals mit folgenden Merkmalen geschaffen: einem FET zum Mischen des Trägersignals und des Datensignals, um ein gemischtes Signal zu erzeugen, indem eine bestimmte Spannung und das Datensignal, welches der bestimmten Spannung überlagert ist, in das Drain des FET eingegeben wird, und indem das Trägersignal in das Gate des FET eingegeben wird; und zumindest einem kapazitiven Bauelement zum gleichstrommäßigen Trennen der Source des FET von der Masse und zum wechselstrommäßigen Erden der Source.

Da die bestimmte Spannung in das Drain des FET eingegeben wird, und da das erste kapazitive Bauelement die Source des FET gleichstrommäßig von der Masse trennt und dieselbe wechselstrommäßig erdet, kann die bestimmte Spannung so klein wie eine Spannung sein, die sicherstellt, daß das Drain und die Source höhere Spannungen als das Gate aufweisen, wobei kein Gleichstrom in den FET fließt. Daher beträgt der Leistungsverbrauch des FET im wesentlichen Null, was einen Niederspannungsbetrieb ermöglicht.

Der Mischer kann ferner ein zweites kapazitives Bauelement aufweisen, welches mit der Drain des FET verbunden ist, und welches eine niedrige Impedanz bei der Frequenz des gemischten Signals und eine hohe Impedanz bei der Frequenz des Datensignals aufweist.

Da das zweite kapazitive Bauelement eine niedrige

Impedanz bei der Frequenz des gemischten Signals und eine hohe Impedanz bei der Frequenz des Datensignals aufweist, kann die Kapazität des zweiten kapazitiven Bauelements für ein gemischtes Signal mit einer Submikrowellenfrequenz oder darüber klein sein. Daher kann der Mischer ohne weiteres integriert werden.

Der Mischer kann ferner ein induktives Bauelement aufweisen, welches mit der Drain des FET verbunden ist, und welches eine hohe Impedanz bei der Frequenz des gemischten Signals und eine niedrige Impedanz bei der Frequenz des Datensignals aufweist.

Da das induktive Bauelement eine hohe Impedanz bei den Frequenzen ($f_c \pm f_s$) des gemischten Signals und eine niedrige Impedanz bei der Frequenz des Datensignals aufweist, kann die Induktivität des induktiven Bauelements für ein gemischtes Signal mit einer Submikrowellenfrequenz oder darüber klein sein. Daher kann der Mischer ohne weiteres integriert werden, wobei das gemischte Signal nicht zu der anderen Seite des induktiven Bauelements gelangen kann.

Das vorher genannte Ziel wird bei einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung durch das Bereitstellen eines Mixers zum Mischen eines Trägersignals und eines Datensignals erreicht, der folgende Merkmale aufweist: einen FET zum Mischen des Trägersignals und des Datensignals, um das gemischte Signal zu erzeugen, indem eine bestimmte Spannung und das Datensignal, welches der bestimmten Spannung überlagert ist, in die Source des FET eingegeben wird, und indem das Trägersignal in das Gate des FET eingegeben wird; und zumindest ein kapazitives Bauelement zum gleichstrommäßigen Trennen der Source des FET von der Masse und zum wechselstrommäßigen Erden der Source.

Da die bestimmte Spannung in die Source des FET eingegeben wird, und da das erste kapazitive Bauelement das Drain des FET gleichstrommäßig von der Masse trennt und dasselbe wechselstrommäßig erdet, kann die bestimmte Spannung derart niedrig sein, wie eine Spannung, die nötig ist, damit das Drain und die Source höhere Spannungen als das Gate aufweisen, wobei kein Gleichstrom in den FET fließt. Daher ist der Leistungsverbrauch des FET Null, was einen Niederspannungsbetrieb ermöglicht.

Der Mischer kann ferner ein zweites kapazitives Bauelement aufweisen, welches mit der Source des FET verbunden ist, und welches bei der Frequenz des gemischten Signals eine niedrige Impedanz und bei der Frequenz des Datensignals eine hohe Impedanz zeigt.

Da das zweite kapazitive Bauelement eine niedrige Impedanz bei der Frequenz des gemischten Signals und eine hohe Impedanz bei der Frequenz des Datensignals zeigt, kann die Kapazität des zweiten kapazitiven Bauelements für ein gemischtes Signal mit einer Submikrowellenfrequenz oder darüber klein sein. Daher kann der Mischer ohne weiteres integriert werden.

Der Mischer kann ferner ein induktives Bauelement aufweisen, welches mit der Source des FET verbunden ist, und welches bei der Frequenz des gemischten Signals eine hohe Impedanz und bei der Frequenz des Datensignals eine niedrige Impedanz zeigt.

Da das induktive Bauelement bei den Frequenzen ($f_c \pm f_s$) des gemischten Signals eine hohe Impedanz und bei der Frequenz des Datensignals eine niedrige Impedanz zeigt, kann die Induktivität des induktiven Bauelements für ein gemischtes Signal mit einer Submikrowellenfrequenz oder darüber klein sein. Daher kann der Mischer ohne weiteres integriert werden, wobei es verhindert wird, daß das gemischte Signal auf die andere

Seite des induktiven Bauelements fließt.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detaillierter erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild, das eine Konfiguration eines Modulators, der einen Mischer gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung aufweist, zeigt;

Fig. 2 ein Schaltbild, das eine Konfiguration eines Modulators, der einen Mischer gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung aufweist, zeigt;

Fig. 3 eine Ansicht, die eine Konfiguration eines Modulators, der einen herkömmlichen Mischer aufweist, zeigt; und

Fig. 4 eine Ansicht, die eine Konfiguration eines Modulators, der einen weiteren herkömmlichen Mischer aufweist, zeigt.

Ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend bezugnehmend auf die Zeichnungen erläutert. Fig. 1 ist ein Schaltbild, das eine Konfiguration eines Modulators zeigt, der einen Mischer gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung aufweist. In Fig. 1 umfaßt der Modulator einen Signaleingangsanschluß I1 und einen Signaleingangsanschluß I2, einen Signalausgangsanschluß O1, eine Vorspannungsleistungsvorsorgung V_G und einen Mischer 1.

Der Mischer 1 weist einen FET Q1, drei Kondensatoren C1, C2 und C3 und eine Spule L1 auf. Die Kondensatoren C2 und C3 sind zwischen der Source S des FET Q1 und der Masse angeordnet. Sie weisen die Gesamtkapazität (z. B. 10 pF) auf, welche die Source S des FET Q1 gleichstrommäßig von der Masse trennt und die Source wechselstrommäßig erdet. Der Kondensator C1 ist zwischen dem Drain D des FET Q1 und dem Signalausgangsanschluß O1 angeordnet. Der Kondensator C1 weist eine Kapazität (z. B. 10 pF) auf, welche als eine niedrige Impedanz bei der Frequenz eines gemischten Signals S_0 und als eine hohe Impedanz bei der Frequenz f_s eines Datensignals S_s wirkt. Die Spule L1 ist zwischen der Drain D des FET Q1 und dem Signaleingangsanschluß I1 angeordnet. Die Spule L1 weist eine Induktivität (z. B. 10 nH) auf, welche eine hohe Impedanz bei der Frequenz des gemischten Signals S_0 und eine niedrige Impedanz bei der Frequenz des Datensignals S_s zeigt. Der Mischer ist mit Ausnahme der Kondensatoren C2 und C3 in einem Chip auf einem Substrat integriert.

Das Datensignal S_s (beispielsweise ein Sinuswellensignal mit einer Frequenz f_s von 50 kHz) wird in den Signaleingangsanschluß I1 eingegeben. Eine Gleichspannung V_{cc} wird dem Signaleingangsanschluß I1 ebenfalls zugeführt. Bei dieser Konfiguration wird das Datensignal S_s sowie die Gleichspannung V_{cc} zu der Source S des FET Q1 in dem Mischer 1 durch die Spule L1 zugeführt.

In den Signaleingangsanschluß I2 wird ein Trägersignal S_c (beispielsweise ein Sinuswellensignal mit einer Frequenz f_c von 1,5 GHz) eingegeben. Dieses Trägersignal S_c wird in das Gate G des FET Q1 durch einen Kondensator C6 eingegeben. Das Gate G des FET Q1 ist durch die Vorspannungsleistungsvorsorgung V_G durch einen Vorspannungswiderstand R_g positiv vorgespannt. Um den FET Q1 des Mixers 1 zu betreiben, ist es möglich, eine niedrige Gleichspannung V_{cc} (beispielsweise 1,5 V oder weniger) zuzuführen, welche sicherstellt, daß das Drain D und die Source S spannungsmäßig gegenüber dem Gate G in dem FET Q1 positiv sind.

Daher ist es ausreichend, daß die Gleichspannungsleistungsversorgung V_{cc} eine Spannung von 1,5 V zuführt, um den Mischer 1 zu betreiben.

Ein Betrieb dieser Schaltung wird nachfolgend beschrieben. Wenn die Gleichspannung V_{cc} zugeführt wird, weist die Drain D des FET Q1 die gleiche Spannung wie die Source S auf, da die Source S des FET Q1 gleichstrommäßig aufgrund der Kondensatoren C2 und C3 bei dem Mischer 1 offen ist. Zusätzlich ist der FET Q1 gleichstrommäßig aufgrund der Kondensatoren C2 und C3 offen, weshalb kein Gleichstrom durch den FET fließt. Daher ist der Leistungsverbrauch des FET Q1 Null. Da kein Strom fließt, ist es nicht nötig, eine Spannung zwischen der Drain und dem Source zu haben. Ein Spannungsabfall findet nicht statt, was es ermöglicht, daß der FET bei einer niedrigen Spannung arbeitet.

Das Datensignal S_s wird von dem Signaleingangsanschluß I1 zu dem Drain D des FET Q1 durch die Spule L1 des Mixers 1 gesendet. Das Trägersignal S_c wird in das Gate G des FET Q1 von dem Signaleingangsanschluß I2 durch den Gleichspannungsabblockkondensator C6 eingegeben. Der FET Q1 kombiniert das Trägersignal S_c und das Datensignal S_s und gibt das gemischte Signal S_o , das Seitenbandkomponenten mit Frequenzen von $f_c \pm f_s$ aufweist, aus.

Der Kondensator C1 blockt das Datensignal S_s ab und läßt das gemischte Signal S_o durch. Daher wird nur das gemischte Signal S_o , welches durch Amplitudenmodulieren des Trägersignals S_c mit dem Datensignal S_s erzeugt wird, aus dem Signalausgangsanschluß O1 ausgegeben. Da das gemischte Signal S_o Komponenten mit Frequenzen von $nf_c \pm mf_s$ ausgibt (wobei n und m positive Ganzzahlen sind), wird das Signal mit der gewünschten Frequenz (die Komponente mit einer Frequenz von $f_c \pm f_s$ oder die mit $f_c - f_s$ in einem üblichen Fall) unter Verwendung eines Filters ausgewählt und als einzige unter diesen Frequenzkomponenten verwendet.

Der Kondensator C1 weist eine Kapazität auf, welche bei der Frequenz der gemischten Signale S_o als niedrige Impedanz und bei der Frequenz f_s des Datensignals S_s als hohe Impedanz wirkt. Daher fließt das Datensignal nicht zu dem Kondensator C1 und wird in das Drain D des FET Q1 positiv eingegeben. Die Spule L1 weist eine Induktivität auf, welche bei der Frequenz des gemischten Signals S_o eine hohe Impedanz und bei der Frequenz des Datensignals S_s eine niedrige Impedanz zeigt. Daher fließt das gemischte Signal S_o nicht in die Spule L1. Wenn ein gemischte Signal eine Submikrowellenfrequenz oder darüber aufweist, können die Kapazität des Kondensators C1 und die Induktivität des Induktors L1 klein sein. Der Mischer ist damit ohne weiteres zu integrieren.

Bei diesem Mischer ist es ebenfalls möglich, ein Lokalsignal in das Gate G des FET Q1 und ein HF-Signal in das Drain des FET Q1 durch den Kondensator C1 einzugeben. Es ist somit möglich, ein ZF-Signal, das eine Differenzkomponente zwischen der HF-Frequenz und der Trägerfrequenz aufweist, aus dem Drain D durch die Spule L1 zu erhalten. Der Kondensator C1 zeigt für das HF-Signal eine niedrige Impedanz und für das ZF-Signal eine hohe Impedanz. Die Spule L1 zeigt eine hohe Impedanz für das HF-Signal und eine niedrige Impedanz für das ZF-Signal. Die ZF-Signalfrequenz ist niedriger als die der Lokalsignalfrequenz und der HF-Signalfrequenz. Wie oben beschrieben wurde, kann der Mischer als Abwärtsmischer dienen.

Bei dem obigen Ausführungsbeispiel wird der Mischer als ein Amplitudenmodulator verwendet. Die vorliegende Erfindung kann ebenfalls auf andere Modulatoren, Demodulatoren, Detektoren, Multiplizierer, Frequenzumsetzer, Spiegelunterdrückungsmischer und dergleichen angewendet werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel sind die zwei Kondensatoren C2 und C3 zwischen der Masse und der Source S des FET Q1 angeordnet. Statt dessen kann auch nur ein Kondensator verwendet werden.

Die Drain und die Source des FET Q1 können gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel ausgetauscht werden, wie es in Fig. 2 gezeigt ist.

Patentansprüche

1. Mischer (1) zum Mischen eines Trägersignals (S_c) und eines Datensignals (S_s), mit folgenden Merkmalen:

einem FET (Q1) zum Mischen des Trägersignals (S_c) und des Datensignals (S_s), welcher in der Lage ist, ein gemischtes Signal (S_o) zu erzeugen, indem er eine Spannung (V_{cc}) und das Datensignal (S_s), welches der Spannung (V_{cc}) überlagert ist, über sein Drain (D) empfängt, und indem er das Trägersignal (S_c) über sein Gate (G) empfängt; und zumindest einem kapazitiven Bauelement (C2, C3), das zwischen die Source (S) des FET (Q1) und eine Masse geschaltet ist, zum Abblocken von Gleichstrom und zum Durchlassen von Wechselstrom.

2. Mischer (1) gemäß Anspruch 1, der ferner ein zweites kapazitives Bauelement (C1) aufweist, welches mit der Drain (D) des FET (Q1) verbunden ist und bei der Frequenz des gemischten Signals (S_o) eine niedrige Impedanz und bei der Frequenz des Datensignals (S_s) eine hohe Impedanz aufweist.

3. Mischer (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, der ferner folgende Merkmale aufweist:

ein induktives Bauelement (L1), welches mit der Drain (D) des FET (Q1) verbunden ist und bei der Frequenz des gemischten Signals (S_o) eine hohe Impedanz und bei der Frequenz des Datensignals (S_s) eine niedrige Impedanz aufweist.

4. Mischer zum Mischen eines Trägersignals (S_c) und eines Datensignals (S_s), mit folgenden Merkmalen:

einem FET (Q1') zum Mischen des Trägersignals (S_c) und des Datensignals (S_s), welcher in der Lage ist, ein gemischtes Signal (S_o) zu erzeugen, indem er eine Spannung (V_{cc}) und das Datensignal (S_s), welches der Spannung (V_{cc}) überlagert ist, über seine Source (S) empfängt, und indem er das Trägersignal (S_c) über sein Gate (G) empfängt; und zumindest einem kapazitiven Bauelement (C2, C3), das zwischen das Drain (D) des FET (Q1') und eine Masse geschaltet ist, zum Abblocken von Gleichstrom und zum Durchlassen von Wechselstrom.

5. Mischer gemäß Anspruch 4, der ferner ein zweites kapazitives Bauelement (C1) aufweist, welches mit der Source (S) des FET (Q1') verbunden ist, und welches bei der Frequenz des gemischten Signals (S_o) eine niedrige Impedanz und bei der Frequenz des Datensignals (S_s) eine hohe Impedanz aufweist.

6. Mischer gemäß Anspruch 4 oder 5, welcher ferner folgendes Merkmal aufweist: ein induktives Bauelement (L1), welches mit der Source (S) des FET (Q1') verbunden ist und welches

bei der Frequenz des gemischten Signals (S_0) eine hohe Impedanz und bei der Frequenz des Datensignals (S_s) eine niedrige Impedanz aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

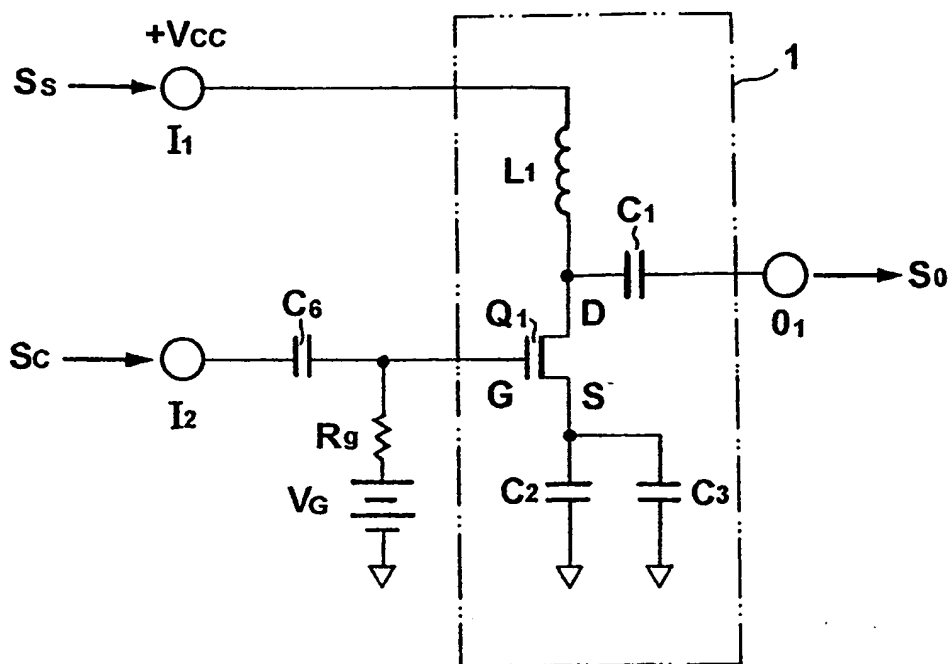


FIG. 1

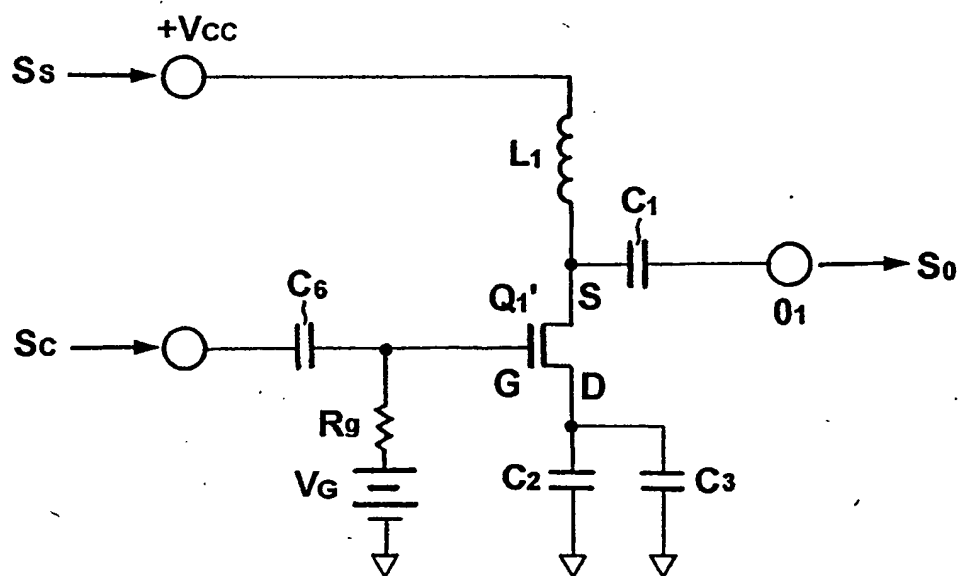


FIG. 2

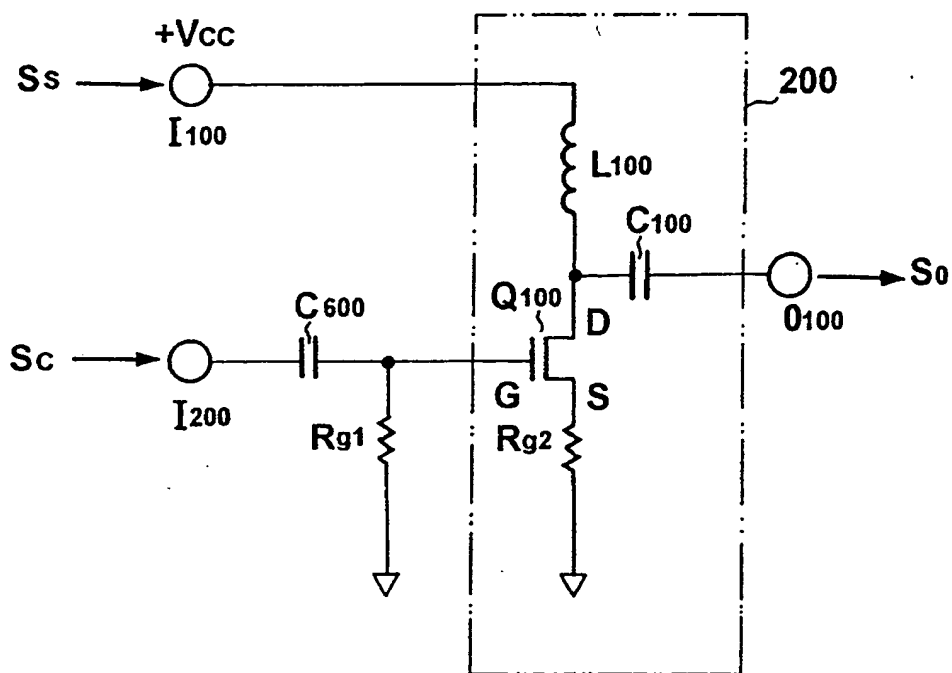


FIG.3

STAND DER TECHNIK

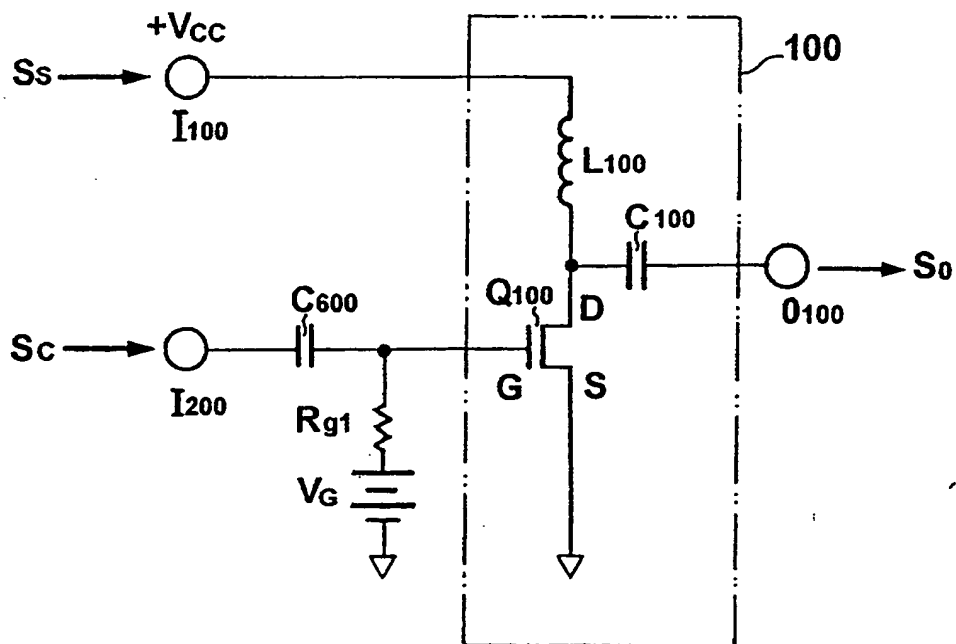


FIG.4

STAND DER TECHNIK

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.